

氏名	ハン 韓	シン 鑫
学位(専攻分野)	博士(情報学)	
学位記番号	情博第268号	
学位授与の日付	平成19年3月23日	
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当	
研究科・専攻	情報学研究科通信情報システム専攻	
学位論文題目	Online and Approximation Algorithms for Bin-Packing and Knapsack Problems (ビンパッキング問題とナップザック問題に対するオンラインアルゴリズムと近似アルゴリズムの研究)	
論文調査委員	(主査) 教授 岩間一雄	教授 小野寺秀俊 教授 永持 仁

### 論文内容の要旨

ビン詰め問題とは、大きさが異なる  $n$  個の品物を容量 1 のビン(箱)に詰め込むとき、使用するビンの個数を最小にする詰め込み方を求める問題である。ナップザック問題とは、大きさと価値をもつ品物の集合が与えられたとき、ナップザックの容量制限に収まる品物の部分集合で価値の合計が最大になるものを求める問題である。これらの問題は実用上さまざまな応用があり、計算機科学や OR の分野で最も活発に研究が行われている問題の一つとなっている。本論文では品物が多次元である場合のビン詰め問題とナップザック問題に対するいくつかの新しいアルゴリズムを開発し、その解析を与えている。

第1章では研究の現状を踏まえ、アルゴリズム的観点からの研究の重要性が指摘され、その研究の意義について議論されている。研究の背景及び結果の概要、オンランと近似アルゴリズムに関する基本的概念が述べられている。さらにそれぞれの章で示される結果の意義が分かりやすくまとめられている。

第2章では品物にコストがついている場合のビン詰め問題に対するアルゴリズムを開発している。この問題は、一般のコストを考えないビン詰め問題の一般化となっている。ナップザック問題で用いられる手法を用いて近似アルゴリズムを設計し、既存のアルゴリズムより効率的であることを解析で示している。さらに二次元と三次元のビン詰め問題についても、品物が正方形と立方体であれば、一次元のビン詰め法の技術を使って、既存のアルゴリズムよりよいアルゴリズムが得られることが示されている。

第3章ではビン詰めに密接に関連するストリップパッキング問題に対するオンランと近似アルゴリズムの設計と解析を行っている。二次元ストリップパッキング問題も一次元のビン詰め問題の一般化となっている。本章では、ビン詰め問題とストリップ問題の関係に注目し、ストリップ問題のアルゴリズムの漸近的近似率がビン詰め問題のそれで抑えられること証明している。

第4章では二次元オンラインナップザック問題に対するアルゴリズムの設計と解析を行っている。この問題においては、品物もナップザックも正方形である。入力は一箇所ずつ与えられ、現在の品物を詰めた後に次の一箇所が与えられる。問題の目標は、ナップザックに詰められた品物の面積を最大化することである。本章では競合比を改良するために、新しい品物をパッキングする時に古い品物をナップザックから出して廃棄する必要があることを示している。また、この問題に対するオンラインアルゴリズムを提案し競合比が3であることを示している。

最後に第5章では以上の結果をまとめ、さらに今後の方針が与えられている。

### 論文審査の結果の要旨

ビン詰め問題とナップザック問題は実用上さまざまな応用があり、計算機科学やORの分野で最も活発に研究が行われている問題となっている。1960, 70年代から研究が開始され、既によりよいアルゴリズムが多く知られている。一方、品物が二次

元や三次元の場合については、問題の解析が格段に困難になるため、今だ解明すべき課題が多い。本論文では品物が多次元である場合のビン詰め問題とナップザック問題に対するいくつかの新しいアルゴリズムを開発し、その解析を行っている。本論文の結果について特筆すべき点は以下の通りである。

1. 品物にコストがついている場合のビン詰め問題に対して、まず、このビン詰め問題が伝統的なナップザック問題と等価であることを示している。このことを利用して近似アルゴリズムを設計し、既存のアルゴリズムに対する計算時間の改良を与えている。

2. 二次元と三次元ビン詰め問題は一次元ビン詰め問題より難しくなるが、一次元の場合の方法を一般化にして、二次元の場合の競合比を2.2443から2.1439に、三次元の場合を2.9421から2.6852まで改良している。

3. ビン詰め問題とストリップ問題の関係に注目し、二次元と三次元のストリップ問題を一次元ビン詰め問題に還元し、一次元ビン詰め問題の方法を用いてストリップ問題を解決できることを示している。さらに、三次元の場合の漸近的近似率を2から1.6913まで改良している。

4. 正方形に限定したナップザック問題に対し、正方形を注意深く分割することによって、競合比が3であるオンラインアルゴリズムの開発に成功した。

ビン詰め問題とストリップ問題の関係に注目し、ストリップ問題をビン詰め問題に転換して解決する方法は非常に斬新である。二次元と三次元のストリップパッキングの結果は、激しい研究競争の中で得られたものであり、非常にインパクトが大きい。また本研究で提案されている技術と方法は他の問題のアルゴリズムの設計と解析に役立つ。

以上、本研究はビン詰め問題とナップザック問題に対するアルゴリズムの設計と解析に関して学術上意義深い結果を導いている。よって、本論文は博士（情報学）の学位論文として価値あるものと認める。

また、平成19年2月16日に実施した論文内容とそれに関連した試問の結果合格と認めた。